

ДИНАМІКА ПРИВОДУ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОРІЗКИ КОНВЕЄРНОЇ СТРІЧКИ

Наведено обґрунтування конструкції приводів установки для порізки конвеєрної стрічки на смуги. Виведено аналітичні залежності для визначення силових параметрів захисних пристроїв установки.

I. Broschac, I. Logush

OCCASIONS DYNAMIC OF EQP FOR CUTTING CONVEYER RIBBON

The ground of construction of occasions of fluidizer is resulted devices for cutting ribbon on bars. Shown analytical dependences out for determination of power parameters of protective devices of setting.

Умовні позначення

m_k – маса кульки, кг;

c – жорсткість пружини, Н/м;

V_0 – лінійна швидкість кульки відносно півмунфти м/с, відповідно;

ω_0 – початкова кутова швидкість на певному радіусі орбіти R' , с⁻¹;

$R_{\text{л}}$ – радіус розміщення лунок на ведучій півмунфті, м;

f – коефіцієнт тертя;

γ – частота власних коливань кульки;

φ – кут між початковим і поточним зміщенням кульки;

α – кут між напрямком дії колової сили і нормаллю від точки контакту кульки з поверхнею лунки, град;

ρ – зведений кут тертя в парі контакту кулька-лунка, град;

Δ'_0 – попередня деформація (підтиск) пружини, м;

Δ_n – поточна деформація пружини, м;

Створення нових типів машин і механізмів транспортно-технологічних систем сприяє подальшому розвитку народного господарства та розширенню їх номенклатури, підвищенню продуктивності праці за рахунок досягнень науково-технічного прогресу.

Широкого застосування в приводах машин замість ланцюгових передач у стрічкових і пруткових транспортерах набули конвеєрні стрічки (КС) з відкритими трапецієподібними виступами для зачеплення з відповідними шліцевими виступами на привідних валах, що забезпечує передачу обертового руху без пробуксовування та перекосів.

Робота виконується в рамках прогресивних напрямків розвитку науки і техніки “Новітні і ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агро-промисловому комплексі України” на 2002-2006 роки.

Метою даної роботи є розрахунок силових характеристик захисних пристроїв установки для порізки конвеєрної стрічки.

Питаннями захисту приводів від перевантаження присвячені роботи багатьох авторів [1, 2, 3], однак цілий ряд питань залишається невирішеним.

Як показали дослідження, при розрізанні конвеєрних стрічок та інших еластомерів ріжучі інструменти засолоюються гумово-полімерними покриттями і при цьому зусилля різання збільшується в 2...3 і більше разів [1]. Сюди слід ще додати і затуплення ножів, що теж приводить до значних перевантажень. Тому питання захисту приводів обладнання для розрізання конвеєрної стрічки від перевантаження є актуальним і має важливе значення.

Для захисту обладнання для порізки конвеєрної стрічки розроблена запобіжна

кулькова муфта, яка має доволі традиційну схему компоновання (рис. 1). Вона складається із ведучої і веденої півмуфт 1 і 2. Крутний момент передається за допомогою кульок 3, які встановлені у відповідні лунки 4 ведучої півмуфти і канавки 5 веденої півмуфти. Півмуфти підтиснуті одна до одної тарілчастими пружинами 6, а сила підтиску регулюється гайкою 7. Особливістю пристрою є те, що орбіти канавок мають форму видовженого еліпса із плавно вираженими точками максимуму і мінімуму. Кількість даних орбіт може бути різною в залежності від потрібного часу спрацювання пристрою, оскільки чим більше орбіт, тим більший час спрацювання муфти.

В нормальному режимі роботи кульки фіксуються в лунках ведучої півмуфти, а при збільшенні крутного моменту, виходячи із зачеплення з лунками, рухаються орбітами канавок до точок мінімуму, зменшуючи таким чином плече прикладання сили і, відповідно, значення крутного моменту. Такий процес може здійснюватись циклічно, поступово зменшуючи динамічне навантаження без частих ударних взаємодій кульок з лунками.

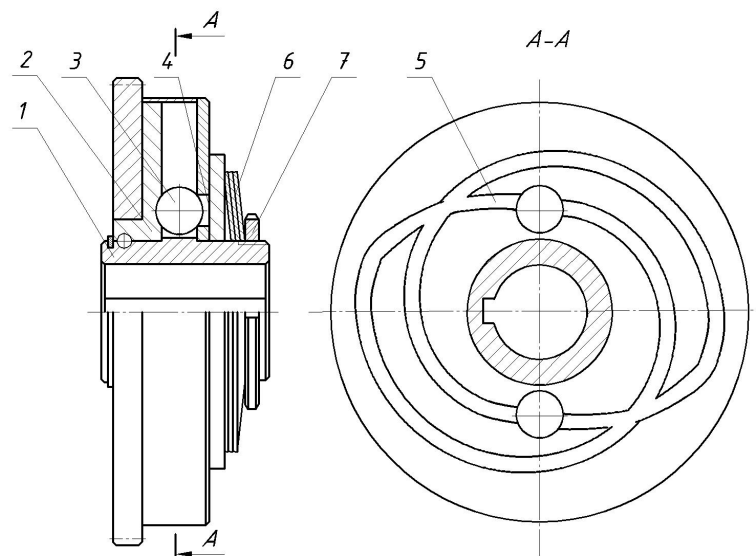


Рисунок 1 – Конструкція запобіжної кулькової муфти установки для розрізання конвеєрної стрічки.

Розглянемо рух кульки 3 по криволінійній траєкторії 5 півмуфти при збільшенні крутного моменту вище допустимого значення. На кульку в процесі її переміщення по криволінійній еліпсоподібній канавці з певного максимального радіуса до мінімального діє колова сила P_K , яка спричиняє обертання муфти, відцентрова сила P_B і сила тертя P_T . Рівняння руху кульки вздовж певної осі x по заданій канавкою траєкторії буде мати вигляд

$$m_K \ddot{x} + c\dot{x} - (P_K - P_B - P_T) \operatorname{sgn}(\dot{x}) = 0. \quad (1)$$

Початкові умови руху (при $t=0$)

$$x(0) = R'; \quad (2)$$

$$\dot{x}(0) = V_0. \quad (3)$$

Внаслідок наявності у правій частині рівняння нелінійної функції зміни знака $\operatorname{sgn}(\dot{x})$, доцільно розглянути розв'язок рівняння, складений з двох частин: рух в напрямку осі ($\dot{x} > 0$) та рух в протилежному напрямку ($\dot{x} < 0$). Розв'язок кожного з рівнянь аналогічний, але відрізняється напрямком колової сили і сили тертя.

Перший етап руху описується рівнянням

$$m_K \ddot{x} + \mu \dot{x} + c\dot{x} = P_K - P_B - P_T. \quad (4)$$

Для розв'язку цього диференціального рівняння необхідно знайти корені відповідного йому характеристичного рівняння

$$m_{\kappa} k^2 + \mu k + c = 0. \quad (5)$$

Як правило, при невеликих значеннях коефіцієнта тертя μ дискримінант $D = \mu^2 - 4m_{\kappa}c$ значно менший від нуля, і розв'язок квадратного рівняння має комплексні корені

$$k_{1,2} = -\frac{\mu}{2m_{\kappa}} \pm i \frac{\sqrt{4m_{\kappa}c - \mu^2}}{2m_{\kappa}}, \quad (6)$$

що вказує на коливальний характер руху.

Значення відцентрової сили, яка діє на кульку під час обертового руху, з врахуванням рівності, можна визначити за формулою

$$P_{\phi} = m_{\kappa} \omega_o^2 R_{\phi}. \quad (7)$$

Сила тертя буде дорівнювати

$$P_T = P_{\kappa} f. \quad (8)$$

Загальний розв'язок рівняння (4) з врахуванням часткового розв'язку, а також залежностей (7), (8) буде мати наступний вигляд:

$$x = (A \sin \gamma + B \cos \gamma) e^{-\frac{\mu t}{2m_{\kappa}}} - \frac{P_{\kappa} - m_{\kappa} \omega_o^2 R' - P_{\kappa} f}{c}, \quad (9)$$

$$\ddot{x} = \left[\gamma (A \cos \gamma - B \sin \gamma) - \frac{\mu}{2m_{\kappa}} (A \sin \gamma + B \cos \gamma) \right] e^{-\frac{\mu t}{2m_{\kappa}}}, \quad (10)$$

$\gamma = \frac{\sqrt{4m_{\kappa}c - \mu^2}}{2m_{\kappa}}$ - частота власних коливань кульки;

A, B - сталі інтегрування, які визначаються із початкових умов.

Величину переміщення кульки по криволінійній траєкторії з певним поточним радіусом R_n можна визначити за наступною залежністю

$$x = \frac{\pi R_n \varphi}{180^\circ}. \quad (11)$$

Відповідно необхідний радіус орбіти

$$R_n = \frac{180^\circ x}{\pi \varphi}. \quad (12)$$

Так як значення крутного моменту можна знайти як добуток колової сили і плеча її прикладання, то, виразивши колову силу через силу тиску пружини P_{np} , отримаємо залежність для визначення крутного моменту, що сприймає муфта

$$T = \frac{P_{np} \cdot R_n}{\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - f}. \quad (13)$$

Силу підтискної пружини можна представити наступною рівністю

$$P_{np} = c(\Delta'_o + \Delta_n). \quad (14)$$

Для отримання залежності, за допомогою якої можна було б простежити зміну крутного моменту по всій траєкторії орбіти канавки веденої півмуфти в процесі руху кульки, вводимо у рівність (13) залежність (12) з урахуванням (9) і (14):

$$T = \frac{c(\Delta'_o + \Delta_n) \cdot R_n \cdot \left[(A \sin \gamma + B \cos \gamma) e^{-\frac{\mu t}{2m_k}} - \frac{P_{np}(1-f) - m_k \omega_o^2 R_{\text{Л}}}{c \cdot \text{tg}(\alpha - \rho) - f} \right]}{\varphi \cdot \text{tg}(\alpha - \rho) - f}. \quad (15)$$

Модель запобіжної муфти виготовлена з врахуванням прив'язочних розмірів стендового обладнання (діаметри посадочних валів $d_{\text{в}} = 35$ мм). Габаритні розміри муфти: довжина – 120 мм; зовнішній діаметр – 100 мм. Матеріал обойми і півмуфт – сталь марки 25ХГТ (термообробка внутрішньої поверхні обойми: нітроцементация з наступним гартуванням в маслі ($t=840-860^\circ\text{C}$) і відпуском ($t = 180-200^\circ\text{C}$)), твердість внутрішньої поверхні обойми 58...60 HRC. В якості тіл кочення використовувались стандартні підшипникові кульки (матеріал ШХ15).

На рис.2 зображено залежність зміни кута α' зміщення півмуфт від конструктивних параметрів радіальної пари контакту пружина-кулька-паз.

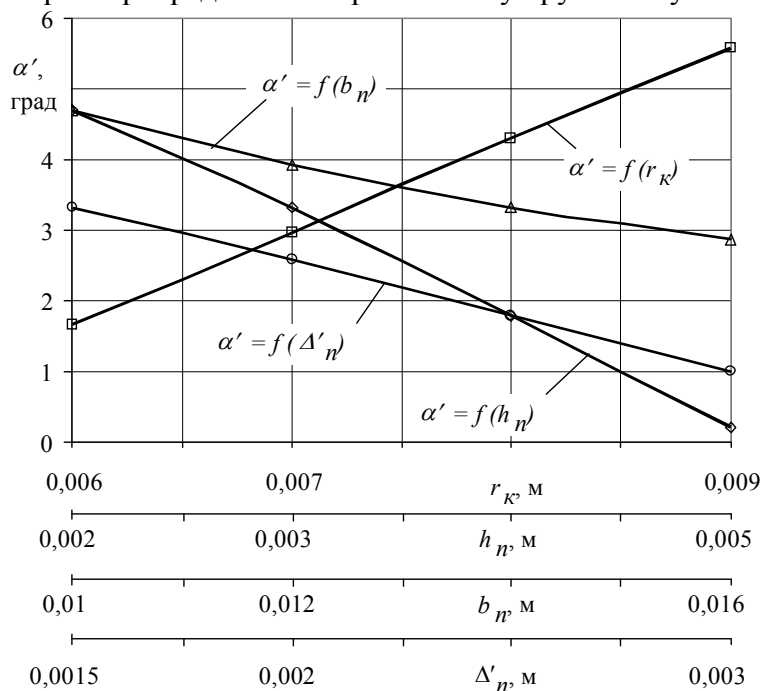


Рисунок 2 – Залежність зміни кута α' зміщення півмуфт від конструктивних параметрів радіальної пари контакту пружина-кулька-паз.

Вплив конструктивних параметрів пари контакту пружина-кулька-паз на характеристики муфти визначався шляхом зміни одного із параметрів при постійних значеннях інших. За отриманими результатами замірів зміни кута зміщення α' було встановлено, що стабільна навантажувальна здатність муфти досягається збільшенням розмірів кульок. Так поступове збільшення r_k в межах від 6 до 9 мм при постійних значеннях $h_n = 3$ мм, $\Delta'_n = 1,5$ мм збільшує діапазон зміни кута зміщення α' на 15%. Зміна інших конструктивних параметрів в бік зростання має негативний вплив на навантажувальну властивість муфти. Зокрема, при збільшенні значення глибини пазів h_n в межах 2...5 мм навантажувальні і компенсуючі властивості муфти кутом зміщення зменшуються майже на 35%. Графічні залежності впливу конструктивних параметрів пари контакту пружина-кулька-паз на компенсуючі властивості муфти показані на рис.2.

Оскільки на величину обертового моменту, що передає муфта, мають вплив радіус кульки і глибина пазів обойми, то за даними, отриманими розрахунком теоретичних залежностей і за експериментальними значеннями, побудовано порівняльні залежності зміни навантаження від конструктивних параметрів пари контакту (рис.3).

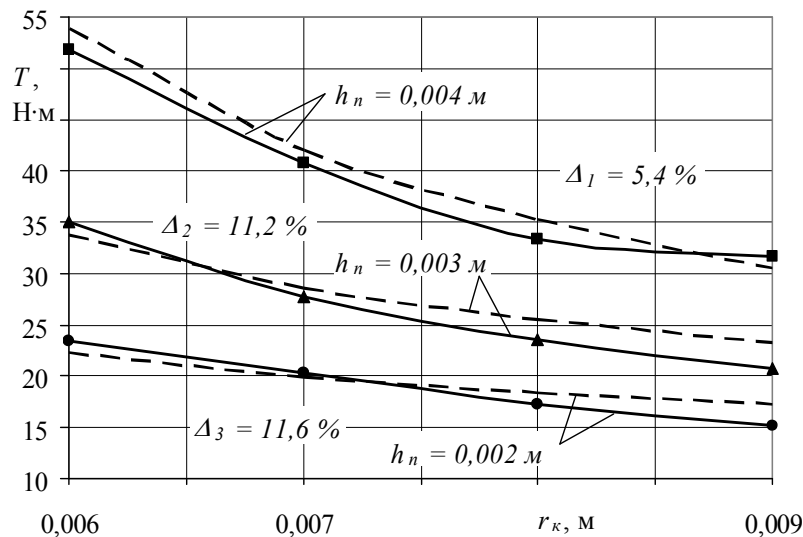


Рисунок 3 - Залежність зміни навантаження від конструктивних параметрів пари контакту:
 - - - - - теоретична залежність; — експериментальна залежність.

Висновки

1. Теоретично обґрунтовано динаміку елементів зачеплення запобіжного механізму приводу установки для розрізання конвеєрної стрічки на смуги з врахуванням силових і конструктивних параметрів.
2. Результати теоретичних підтвердились експериментальними дослідженнями зразка муфти на стендовому обладнанні з різницею в 5-15%.
3. Встановлено параметри зміни навантаження приводу від конструктивних параметрів контакту муфти.

Література

1. Логуш І.В. Технологічне забезпечення виготовлення конвеєрних стрічок з зубчастих гумово-кордових рулонних заготовок. Авторефер канд.. десерт. - Тернопіль, 2006. - 20с.
2. Кошельев Ф.Ф., Корнев А.Е., Буканов А.М. Общая технология резины 4-изд. - М.: Химия, 1988. - 528с.
3. Иванова В.Н., Алешунина Л.А. Технология резиновых технологических изделий, 3-изд. - Л.: Химия, 1988. - 246с.

Одержано 02.06.2006 р.